

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2002098591 A

(43) Date of publication of application: 05.04.02

(51) Int. Cl.
G01J 4/04
G01N 21/21
G02B 13/00
G02B 13/14

(21) Application number: 2001210707

(22) Date of filing: 11.07.01

(30) Priority: 11.07.00 DE 2000 10033645

(71) Applicant: LEICA MICROSYSTEMS WETZLER GMBH

(72) Inventor: DANNER LAMBERT
WIENECKE JOACHIM

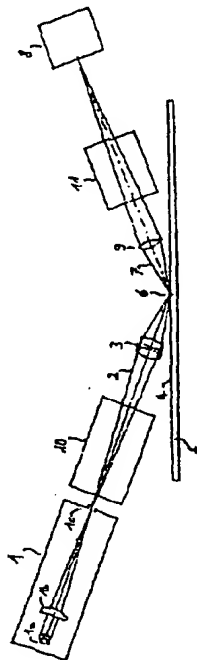
(54) SPECTRAL OVAL POLARIMETER PROVIDED WITH REFRACTIVE LIGHTING OPTICAL SYSTEM

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a spectral oval polarimeter provided with a transmission optical system which provides a measurement spot, as small as possible, whose diameter, length, or width is 100 μm or less with a sharp boundary edge on an object surface across a wide spectral range (from ultraviolet ray to near-infrared ray).

SOLUTION: A spectral oval polarimeter is provided which comprises a refractive lighting optical system (3) which provides a lighting optical flux (2), coming from a lighting unit (1), for generating a measurement spot (6) on a surface (4) of an object (5) and a detection unit (8) which receives/detects the light reflected on the surface (4) as a measurement optical flux (7) at the part of measurement spot (6). Here the lighting optical system (3) is color-corrected.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-98591

(P2002-98591A)

(43) 公開日 平成14年4月5日(2002.4.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テロート [*] (参考)
G 0 1 J 4/04		G 0 1 J 4/04	A 2 G 0 5 9
G 0 1 N 21/21		G 0 1 N 21/21	Z 2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	
13/14		13/14	

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2001-210707(P2001-210707)

(22) 出願日 平成13年7月11日(2001.7.11)

(31) 優先権主張番号 1 0 0 3 3 6 4 5 : 0

(32) 優先日 平成12年7月11日(2000.7.11)

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 500178876

ライカ マイクロシステムス ヴェツラー
ゲゼルシャフト ミット ベシュレンク
テル ハフツングドイツ連邦共和国 デー・35578 ヴェツ
ラー エルンスト・ライツ・シュトラッセ
17-37

(72) 発明者 ラムベルト ダナー

ドイツ連邦共和国 デー・35584 ヴェツ
ラー・ナウンハイム ヴァインガルテンシ
ュトラッセ 37

(74) 代理人 100063130

弁理士 伊藤 武久 (外1名)

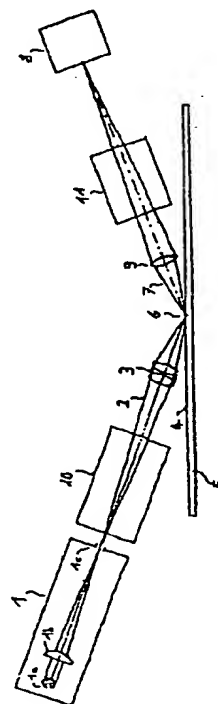
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 屈折型照明光学系を備えたスペクトル楕円偏光計

(57) 【要約】

【課題】 透過光学系を備えたスペクトル楕円偏光計において、広いスペクトル範囲にわたって（紫外線から近赤外線に至るまで）対象物の表面に可能な限り小さな、境界エッジがシャープな測定スポットを得ることができ、しかも対象物表面上でのその径またはその長さ或いは幅が100 μm 以下の測定スポットを得ることのできる前記スペクトル楕円偏光計を提供する。

【解決手段】 照明ユニット(1)から来て、対象物(5)の表面(4)に測定スポット(6)を生じさせる照明光束(2)のための屈折型照明光学系(3)と、測定スポット(6)の部位で表面(4)から反射した光を測定光束(7)として受光し、検出する検出ユニット(8)とを備えたスペクトル楕円偏光計において、照明光学系(3)が色補正されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】照明ユニット(1)から来て、対象物(5)の表面(4)に測定スポット(6)を生じさせる照明光束(2)のための屈折型照明光学系(3)と、測定スポット(6)の部位で表面(4)から反射した光を測定光束(7)として受光し、検出する検出ユニット

(8)とを備えたスペクトル楕円偏光計において、照明光学系(3)が色補正されていることを特徴とするスペクトル楕円偏光計。

【請求項2】色補正されている、測定光束(7)用の受光光学系(9a)が設けられていることを特徴とする、請求項1に記載のスペクトル楕円偏光計。

【請求項3】色補正されている照明光学系(3)および(または)色補正されている受光光学系(9a)がレンズデュプレットまたはレンズトリプレットであることを特徴とする、請求項1または2に記載のスペクトル楕円偏光計。

【請求項4】色補正されている照明光学系(3)と色補正されている受光光学系(9a)が、紫外線範囲で高透過性を持つガラスからなっていること、および(または)反射防止層を有していることを特徴とする、請求項1から3までのいずれか一つに記載のスペクトル楕円偏光計。

【請求項5】対象物の表面(4)上に被着された薄い層の材料パラメータを測定するために使用することを特徴とする、請求項1から4までのいずれか一つに記載のスペクトル楕円偏光計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、照明ユニットから来て、対象物の表面に測定スポットを生じさせる照明光束のための屈折型照明光学系と、測定スポットの部位で表面から反射した光を測定光束として受光し、検出する検出ユニットとを備えたスペクトル楕円偏光計に関するものである。

【0002】

【従来の技術】楕円偏光計は、対象物の表面で反射した光束の偏光状態の変化を測定するようにした、非破壊式光学測定方法に依拠するものである。このため、楕円偏光計内で、所定の偏光状態を持つ光が生成され、可能な限り平行な光線として所定の角度で対象物の表面に指向せしめられる。対象物の表面には照明フレックが発生し、この照明フレックは測定スポットと呼ばれる。測定スポットから反射した光は、対象物の表面の性質に応じて変化した偏光状態(偏光楕円)を有し、この偏光状態は光検出器を接続させた偏光検光子を用いて測定される。これから表面の屈折率や吸収係数、および(または)表面層の厚さを決定することができる。多面的に使用される単波長楕円偏光計では、ほとんどの場合可視波長範囲の単色光が使用される。

【0003】スペクトル楕円偏光計の場合は、種々の波長の光が使用される。種々の波長で楕円偏光測定することにより、多層構造物のような複雑な構造、非均一な層、或いは異方性の層等を分析することができる。また、積層された複数の薄い透過性表面層の屈折率や吸収係数、および(または)その層厚を決定することができる。

【0004】種々の波長を使用する代わりに、対象物の表面に対する光の入射角を変えて使用することもできる。異なる入射角を多数適用すれば、十分な数の測定値が提供され、表面層のすべての材料パラメータを算出することができる。

【0005】特にウェーハ上に半導体回路を形成する際には、表面層の材料パラメータの決定は重要な役割を果たす。それゆえ、集中回路の生産プロセスでは、たとえば表面層の層厚を検出するためにとりわけ楕円偏光計が使用される。集中回路の微小化が進めば、対応的に小さな測定スポットも必要である。

【0006】Sopra社のパンフレット(1999年10月21日付のwww.sopra-sa.com)から知られているスペクトル楕円偏光計の照明光線は3mmの径を有している。非常に小さな試料面を検査するために、照明光線を100μm×150μmのサイズのマイクロスポットにフォーカシングさせることができる。

【0007】米国特許第5166752号公報から知られている楕円偏光計では、光束内の平行光線が照明レンズの高アパーチャーにより収束光線に変換され、これにより種々の入射角で試料へ指向せしめられる。対応的に異なる角度で試料から反射した光線は空間解像検出器により同時に検出され、これにより種々の角度から多数のデータを高速検知することができる。高アパーチャーの照明レンズを使用することにより小さな測定スポットを達成できるが、この小さな測定スポットは、周知のごとく、光線のアパーチャー角が大きければ大きいほど、すなわち光線の収束度合いが強ければ強いほど、小さくなる。上記公報に記載の他の実施形態では、この楕円偏光計は単色光による作動以外に、多色光により作動することもできる。

【0008】米国特許第5608526号公報から知られているスペクトル楕円偏光計では、楕円偏光計の偏光器と検光子の間の光路内には反射型光学要素だけが使用され、小さな測定スポットを得ることができる。屈折型光学系の代わりに反射型光学系を使用する理由として、楕円偏光計に適用する場合、広帯域の紫外線のための透過光学系或いは紫外線から近赤外線に至るまでの光線用の透過光学系は適していないことが記載されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、透過光学系を備えたスペクトル楕円偏光計において、広いスペクトル範囲にわたって(紫外線から近赤外線に至るまで)対象物の表面に可能な限り小さな、境界エッジがシ

ャープな測定スポットを得ることができ、しかも対象物表面上でのその径またはその長さ或いは幅が $100\mu\text{m}$ 以下の測定スポットを得ることのできる前記スペクトル楕円偏光計を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するため、照明光学系が色補正されていることを特徴とするものである。

【0011】本発明の有利な構成および他の構成は従属項から明らかである。本発明によれば、スペクトル楕円偏光計において従来達成されていた測定スポットの最小サイズは、照明光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差、或いは他のイメージエラー、または光束の発散が存在することにより制限されているものではなく、照明光学系の色収差により制限されるものであるという認識に至った。これに対応して構成された、色補正される照明光学系は、 $50\mu\text{m}$ 径以下の範囲に至るまでの $100\mu\text{m}$ よりもはるかに小さな測定スポットを、紫外線から可視光を経て近赤外線に至るまでの広いスペクトル範囲に対し生じさせる。

【0012】レンズデュプレットを用いることで、良好な色補正と、これにより著しく小さくされたスポットが達成される。この場合、レンズデュプレットのアパーチャーは小さく保たれる。完全照射されるレンズデュプレットの入射アパーチャーと出射アパーチャーはレンズの自由開口によって決定され、これから、対象物表面にあたる照明光束の角度範囲が得られる。照明アパーチャーが小さいことにより、正確な楕円偏光測定結果が達成されるとともに、楕円偏光測定を評価する演算時間が短くなる。正確で迅速な測定は、たとえば半導体製造における製造ラインで、高スループットを得るために要求される。

【0013】しかしながら、アパーチャーが小さすぎると、照明光学系の外側境界部により回折作用が生じ、これにより測定スポットのエッジが不鮮明になる。不鮮明なエッジ領域は、本来の測定部位に隣接した、測定の必要のない領域を照射することがある。このような場合に生じる疑似光により測定結果に誤差が生じる場合がある。

【0014】このため、回折作用をほとんど示さない照明アパーチャーにより不鮮明な照明領域が回避される。このような比較的大きな照明アパーチャーに対しては、レンズデュプレットによる色補正が十分でない場合がある。照明アパーチャーの適当なサイズに妥協する場合、スペクトル楕円偏光計での使用に最適な色補正はレンズデュプレットにより達成できることが明らかとなった。これにより十分小さなシャープな測定スポットが生じ、しかもその径は $50\mu\text{m}$ 以下である。

【0015】もちろん、より多数のレンズを、色補正される照明光学系に使用してもよい。これにより色収差の補正と他のイメージエラーも一層改善できる。他方多重レ

ンズ構成は、全透過度がいくぶん低下し、構造上のコストが高くなることは言うまでもない。

【0016】色補正される照明光学系の個々のレンズは、精密加工されたフレームを介して互いに方向調整され、一定の間隔で保持される。個々のレンズを互いに接合させ、よってコンパクトなユニットを形成できるようにレンズを製造するのが有利である。もちろん接合剤もレンズの材料も上記波長範囲の光を、特に紫外線範囲の光をも十分良好に透過させねばならない。このために被着されるレンズの反射防止層は透過性を向上させ、特に空気・ガラス境界面での屈折の際に生じる光の偏光状態の望ましくない変化が十分に抑制される。

【0017】対象物表面から反射した測定光線を受光するため、同様に色補正される光学系を受光光学系として楕円偏光計の測定光路内に使用してよい。色補正により、楕円偏光計の検出ユニットで検出器の均一な照射が達成される。これにより、検出器上で隣接している個々の点の間の強い強度差が回避される。或いは、検出ユニット内部で受光光線を検出器に誘導する光ファイバーを使用する場合に、光ファイバーの入口を均一に照射するのが有利である。同様に、スペクトル楕円偏光計の検出ユニット内で光をスペクトル分解させるモノクロメータを均一に照射することも有利である。

【0018】色補正される屈折型照明光学系を従来のスペクトル楕円偏光計で使用することにより、小さな面を広い波長範囲で楕円偏光法により顕微検査することができる。これは、集中回路を形成するための層状半導体表面の場合に特に重要である。層状半導体表面の場合、本発明による照明光学系により、従来のスペクトル楕円偏光計で可能であったよりもはるかに小さな面領域で表面層の材料特性および層厚を決定することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態を添付の図面を用いて詳細に説明する。図1はスペクトル楕円偏光計の概略構成図で、スペクトル楕円偏光計は、照明ユニット1と、偏光子群10と、検光子群11と、検出ユニット8とを備えている。照明ユニット1において1個または複数個の光源1aから光が生成され、集光器1bによりフィールド絞り1cが照射される。光の波長範囲は、紫外線から可視光を経て近赤外線範囲の光を含む波長まで及んでいる。照明ユニット1によって生じた照明光束2は偏光子群10に達し、偏光子群10において光は所定の偏光状態にもたらされる。

【0020】照明光束2は、照明光学系3により対象物5の表面4を測定スポット6において照明する。測定スポット6において光は対象物表面4によって反射し、測定光束7を形成する。結像光学系9は、測定光束7のフォーカシングに用いる。測定光束7は検光子群11を通過した後、検出ユニット8により受けとめられ、検出される。測定光束7の偏光状態は検光子群11と検出ユニッ

ト8により分析される。

【0021】本発明によれば、照明光束2の光路内に、色補正される屈折型照明光学系3が配置される。この場合照明光束2の光は、照明アパーチャーの小さな角度範囲で表面4に指向せしめられる。

【0022】本発明による色補正される照明光学系3は、図1の実施形態ではレンズトリプレットである。レンズトリプレットは、屈折特性が異なる屈折型光学要素としての3個のレンズからなっており、これら3個のレンズは、特に、波長が異なる光が通過する際に屈折型光学要素により生じる色縦方向収差(Farblängsfehler)が補正されて、対応的に小さなフォーカスフレックが測定スポット6として発生するように構成されている。

【0023】レンズトリプレット自体は公知のものであり、通常は、球面収差や色収差のような光学的エラーを減少させることにより対象物の結像を改善するために用いられる。本発明の対象の場合、屈折型照明光学系を備えた従来の楕円偏光計では、色縦方向収差のために測定スポットは100 μ mないし200 μ m径の大きさに制限されていることが明らかとなった。測定スポットがこのようなオーダーであると、色縦方向収差は最大収差成分をなす。適宜色補正されるレンズトリプレット3を用いると、測定スポットの大きさを50 μ m径に小さくすることができた。これは、少なくともファクタ4だけ測定スポットの面積が減少することに対応している。したがって、非常に小さなスポットサイズで且つ非常に広い波長範囲で屈折型照明光学系を用いて楕円偏光測定することに対する要求を満たすことができる。

【0024】図1の実施形態に示したレンズトリプレット3は接合されている。接合剤もレンズのガラス素材も広い波長に対し適宜選定されている。特に紫外線範囲に対しては高い透過性が達成される。高い透過性を必要とするのは、楕円偏光計に適した多くの紫外線光源は紫外線範囲で比較的小さな光強度しか放射しないからである。

【0025】レンズトリプレット3の反射防止層も透過性の改善に寄与する。屈折型光学系の透過性を向上させる反射防止層は一般に知られているものであるが、透過光の偏光状態に対する反射防止層の影響に注意を払う必要がある。このような影響は、レンズトリプレット3の場合、これにより楕円偏光測定の精度が変化しない程度に低減されている。

【0026】図2は、色補正される照明光学系3に加えて、測定光束7内に配置され、色補正される受光光学系9aも示している。この受光光学系は、従来の結像光学系9に代わるものである。本実施形態の場合、この受光光学系

9aも屈折型光学要素としての3個のレンズから構成されている。この場合、受光光学系9aを照明光学系3と一緒に構成するのが有利である。このような場合、受光光学系9aはたとえば照明光学系3に対し測定スポット6を中心にして鏡対象に配置される。色補正される照明光学系3と受光光学系9aとは、偏光を変化させる作用の影響を受けないよう構成するのが有利である。他方、校正が行なわれる。受光光学系9aの色補正により、とりわけ検出ユニット8の入口を均一に照明することができる。

【0027】もちろん、色補正される照明光学系3と受光光学系9aとを3個以上のレンズから構成して、更なる修正と結像の更なる改善とを得るようにしてもよい。図3は、スペクトル楕円偏光計を備えた図2と同様の装置を示している。この場合、レンズトリプレット9a(照明光学系3、受光光学系9a)の代わりにレンズデュプレット12が照明・受光光路内に使用されている。レンズデュプレット12のアパーチャーは図2で説明したレンズトリプレットよりも幾分小さく、これにより一方では楕円偏光計の評価がいくぶん容易になる。他方、レンズトリプレットに比べて色補正を、よって小さな測定スポットサイズを完全に達成しなくともよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】色補正される屈折型照明光学系を備えた楕円偏光計の概略図である。

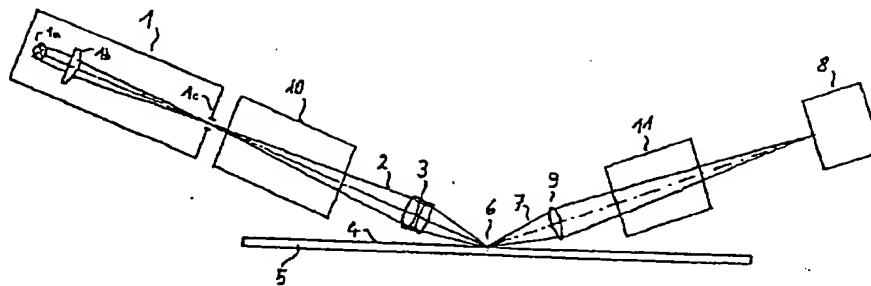
【図2】色補正される屈折型照明・受光光学系を備えた楕円偏光計の概略図である。

【図3】屈折型照明・受光光学系としてレンズデュプレットを備えた楕円偏光計の概略図である。

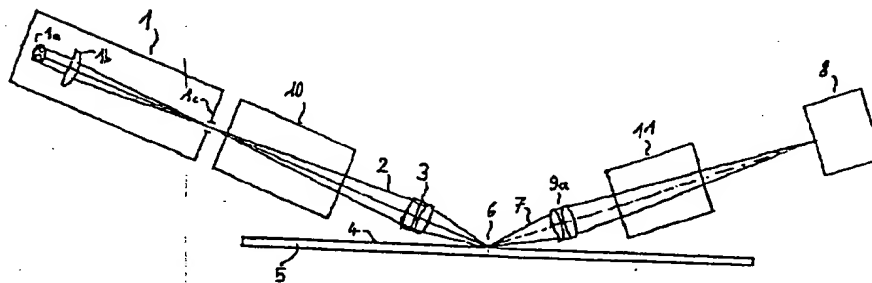
【符号の説明】

1	照明ユニット
1 a	光源
1 b	集光器
1 c	フィールド絞り
2	照明光束
3	照明光学系
4	対象物表面
5	対象物
6	測定スポット
7	測定光束
8	検出ユニット
9	結像光学系
9 a	受光光学系
10	偏光子群
11	検光子群
12	レンズデュプレット

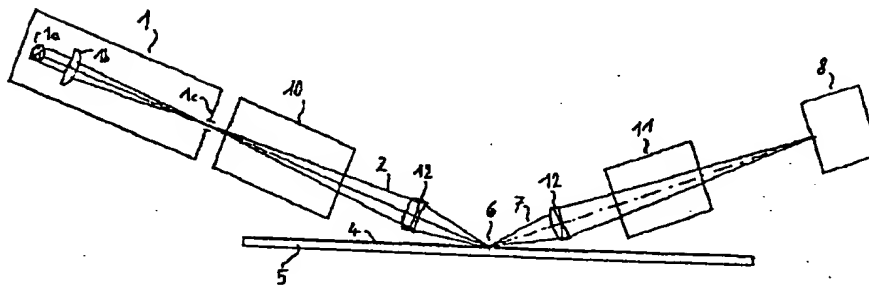
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ヨアヒム ヴィーンエッケ
ドイツ連邦共和国 デー・7747 イェーナ
リーゼロッテ・ヘルマン・シュトラッセ
14ベー

Fターム(参考) 2G059 AA02 AA03 BB10 BB16 EE02
EE05 EE12 FF03 GG03 HH01
HH02 HH03 JJ11 JJ17 JJ19
JJ30 KK01
ZH087 KA12 LA01 LA04 NA03 NA04
NA14 PA01 PA18 PA19 PB02
PB03